

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

M. SAITOU

Group Art Unit: Not Assigned

Application No.: New application

Examiner: Not Assigned

Filed: October 22, 2003

Attorney Dkt. No.: 107443-00033

For: PRECISION POSITIONING DEVICE AND PROCESSING MACHINE USING THE SAME

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

October 22, 2003

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

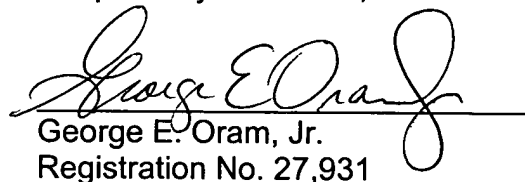
Japanese Patent Application No. 2002-309589 filed on October 24, 2002

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these document.

Please charge any fee deficiency or credit any overpayment with respect to this paper to Deposit Account No. 01-2300.

Respectfully submitted,


George E. Oram, Jr.
Registration No. 27,931

Customer No. 004372
ARENT FOX KINTNER PLOTKIN & KAHN, PLLC
1050 Connecticut Avenue, N.W., Suite 400
Washington, D.C. 20036-5339
Tel: (202) 857-6000
Fax: (202) 638-4810

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年10月24日

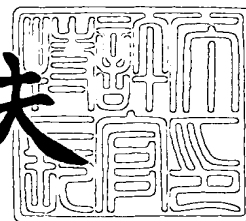
出願番号
Application Number: 特願2002-309589
[ST. 10/C]: [JP2002-309589]

出願人
Applicant(s): 住友重機械工業株式会社

2003年10月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3082744

【書類名】 特許願

【整理番号】 H-8618

【提出日】 平成14年10月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F15B 15/14
H01L 21/60

【発明者】

【住所又は居所】 東京都西東京市谷戸町二丁目1番1号 住友重機械工業株式会社田無製造所内

【氏名】 濟藤 正弘

【特許出願人】

【識別番号】 000002107

【氏名又は名称】 住友重機械工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100071272

【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 洋介

【選任した代理人】

【識別番号】 100077838

【弁理士】

【氏名又は名称】 池田 憲保

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012416

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0211069

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 精密位置決め装置及びこれを用いた加工機

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 鉛直方向に延びるように固定配置される流体圧シリンダと、
該流体圧シリンダ内に軸受を介して非接触状態にてスライド可能に収容され、
軸方向に延びる軸体を持つピストン体と、

前記流体圧シリンダ内で前記ピストン体のピストンヘッドを間にした一方の圧力室に定圧の流体を供給すると共に、他方の圧力室にはサーボ弁を介して流体の流量を制御して供給するための流体圧回路と、

前記一方及び他方の圧力室の圧力を検出するための第 1、第 2 の圧力センサと、

前記ピストン体の位置を検出するための位置センサと、

前記位置センサからの位置検出信号と、位置指令値と、速度指令値と、加速度指令値とに基づいて前記サーボ弁を制御することで前記ピストン体の位置制御を行うと共に、前記第 1、第 2 の圧力センサからの圧力検出信号と荷重指令値とを用いて前記サーボ弁を制御することで前記ピストン体の荷重制御を行う制御系とを備えたことを特徴とする精密位置決め装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の精密位置決め装置において、前記制御系は、前記ピストン体が目標位置に達するまで前記位置制御を行う位置制御系と、前記目標位置に達すると切換えられて前記ピストン体を前記荷重指令値に基づく力で荷重制御する荷重制御系とを備えることを特徴とする精密位置決め装置。

【請求項 3】 請求項 1 あるいは 2 に記載の精密位置決め装置において、前記ピストン体はその中心軸部に軸方向に延びる孔を有し、前記流体圧シリンダの上部から前記孔に挿通された固定軸を利用して前記ピストン体内に前記位置センサが構成されていることを特徴とする精密位置決め装置。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の精密位置決め装置を備えたことを特徴とする加工機。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は位置決め装置に関し、特に、Z 軸（垂直軸）方向への精密位置決め及び荷重制御を可能とする精密位置決め装置及びこれを用いた加工機に関する。

【0 0 0 2】**【従来の技術】**

Z 軸方向に関する位置決め機能を持つ位置決め装置の応用例としては、例えばチップマウントがある。これを図 1 4 を参照して説明する。

【0 0 0 3】

図 1 4 において、チップマウントは、Z 軸送り装置 1 0 0 と、この Z 軸送り装置 1 0 0 で昇降駆動されるホルダ支持装置 2 0 0 とを組み合わせで成る。Z 軸送り装置 1 0 0 は、装置フレーム 1 0 1 にサーボモータ 1 0 2 を設置し、このサーボモータ 1 0 2 で鉛直方向に延びるボールネジ機構 1 0 3 を駆動するようにしている。ボールネジ機構 1 0 3 はスライダ 1 0 4 を有しており、スライダ 1 0 4 を装置フレーム 1 0 1 に設けたガイドレール 1 0 5 で案内するようにしている。

【0 0 0 4】

ホルダ支持装置 2 0 0 は、ボールネジ機構 1 0 3 におけるスライダ 1 0 4 と反対側に、ホルダブラケット 2 0 1 を介して取り付けられている。ホルダ支持装置 2 0 0 はエアシリンダ 2 0 2 を有し、エアシリンダ 2 0 2 内には静圧空気軸受 2 0 4 を介してツールホルダ 2 0 3 が上下動可能に配置されている。つまり、静圧空気軸受 2 0 4 はエアシリンダ 2 0 2 に設けられている穴 2 0 5 から供給される圧縮空気を多孔質体で均一に分散させてツールホルダ 2 0 3 の下部を非接触状態にて支持する。

【0 0 0 5】

また、エアシリンダ 2 0 2 に開口されている加圧ポート 2 0 6 及びバランス圧ポート 2 0 8 から供給される圧縮空気同士の差圧でツールホルダ 2 0 3 の上下動を位置決め制御するように構成されている。ツールホルダ 2 0 3 の下端部にはチップ 3 0 0 を保持するためのツール 2 0 9 が取り付けられている。

【0 0 0 6】

基板保持ステージ 4 0 0 には、チップ 3 0 0 が実装されるべき基板 4 0 1 が搭

載されている。なお、エアシリンダ 202 には移動高さを検出するための位置検出器 210 が設けられ、高さ位置のフィードバック制御に利用される（例えば特許文献 1 参照）。

【0007】

上記の装置は、精密位置決めを可能とするために、ボールネジ機構 103 による Z 軸送り装置 100 と、エアシリンダ 203 によるホルダ支持装置 200 との 2 つの駆動機構が必要である。

【0008】

一方、上記のような 2 つの駆動機構の組み合わせに代えて、リニアモータを駆動源として用いることが考えられる。しかし、チップマウントのような場合、動きが激しいのでリニアモータにおける電磁石に発熱が生じてチップに悪影響を及ぼすおそれがあるので好ましくない。しかも、チップマウントのように Z 軸方向の位置決め制御を行う場合、単に位置決め制御を行うだけでなく可動部の荷重制御（力制御）も必要であるが、リニアモータにおいて電流制御で荷重制御を実現するのは容易ではない。

【0009】

更に、本出願人は、上記のようなボールネジ機構による駆動機構やリニアモータによる駆動機構に代わる駆動源として、流体圧アクチュエータを提案している。図 15 を参照して、この流体圧アクチュエータは、ガイド軸 414 とこれに沿って移動可能なスライダ 413 とを含む。ガイド軸 414 とスライダ 413 との間にはシリンダ室が形成されると共に、このシリンダ室を移動方向に関して 2 つの圧力室 416 A、416 B に区画する受圧板 417 がスライダ 413 に設けられる。2 つに区画された圧力室 416 A、416 B にそれぞれ、サーボ弁 422 A、422 B を介して圧縮空気を出入り可能にすることで 2 つの圧力室 416 A、416 B の差圧でスライダ 413 を駆動するようにしている。

【0010】

流体圧アクチュエータは更に、スライダ 413 の位置を検出するための位置センサ 415 と、2 つのサーボ弁 422 A、422 B をそれぞれ制御するための 2 つのサーボアンプ 421 A、421 B と、位置センサ 415 からの位置検出信号

を受けて 2 つのサーボアンプ 421A、421B に位置指令値を出力する制御演算装置 420 とを備えている。410 は圧縮空気供給源である。

【0011】

制御演算装置 420 は、位置検出信号で示されるスライド位置を微分してスライド 413 の速度を算出すると共に、算出された速度を微分して加速度を算出するステップと、スライド目標位置と、スライド位置、スライド速度、スライド加速度を用いて 2 つのサーボアンプ 421A、421B へ出力すべき位置指令値を算出するステップと、算出されたそれぞれの位置指令値に対して、シリンダ室内における受圧板 417 の位置変化に起因する各圧力室 416A、416B の圧力変化分を補償する演算を行って、それぞれ補償された位置指令値を 2 つのサーボアンプ 421A、421B へ出力するステップとを実行する（例えば特許文献 2 参照）。

【0012】

【特許文献 1】

特開 2000-353725 号公報（第 3 頁、図 1）

【0013】

【特許文献 2】

特願 2001-98427 号（第 1-2 頁、図 1）

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

一般に、流体として空気を用いる空気圧アクチュエータは、高速、高推力が得られ、発熱作用が少ないという利点がある。しかし、上記のような構成のものは水平方向の駆動源には適しているが、鉛直方向、つまり Z 軸方向の駆動源には適していない。また、高価なサーボ弁を 2 個必要とする。

【0015】

そこで、本発明の課題は、駆動源の機械的要素としてはエアシリンダ及び 1 つのサーボ弁で Z 軸方向の高精度の位置決め制御と荷重制御とを実現できる精密位置決め装置を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、鉛直方向に延びるように固定配置される流体圧シリンダと、該流体圧シリンダ内に軸受を介して非接触状態にてスライド可能に収容され、軸方向に延びる軸体を持つピストン体と、前記流体圧シリンダ内で前記ピストン体のピストンヘッドを間にした一方の圧力室に定圧の流体を供給すると共に、他方の圧力室にはサーボ弁を介して流体の流量を制御して供給するための流体圧回路と、前記一方及び他方の圧力室の圧力を検出するための第 1、第 2 の圧力センサと、前記ピストン体の位置を検出するための位置センサと、前記位置センサからの位置検出信号と、位置指令値と、速度指令値と、加速度指令値とに基づいて前記サーボ弁を制御することで前記ピストン体の位置制御を行うと共に、前記第 1、第 2 の圧力センサからの圧力検出信号と荷重指令値とを用いて前記サーボ弁を制御することで前記ピストン体の荷重制御を行う制御系とを備えたことを特徴とする精密位置決め装置が提供される。

【0 0 1 7】

本精密位置決め装置においては、前記制御系は、前記ピストン体が目標位置に達するまで前記位置制御を行う位置制御系と、前記目標位置に達すると切換えられて前記ピストン体を前記荷重指令値に基づく力で荷重制御する荷重制御系とを備える。

【0 0 1 8】

本精密位置決め装置においてはまた、前記ピストン体はその中心軸部に軸方向に延びる孔を有し、前記流体圧シリンダの上部から前記孔に挿通された固定軸を利用して前記ピストン体内に前記位置センサが構成されている。

【0 0 1 9】

なお、軸受としては、静圧軸受や低摩擦のメタルシール軸受等が好ましい。

【0 0 2 0】

本発明によればまた、上記のいずれかの精密位置決め装置を備えた加工機が提供される。

【0 0 2 1】**【作用】**

本発明によれば、位置決め制御と荷重制御とを行う駆動機構として、静圧軸受による非接触式のピストン体を内蔵した空圧シリンダと、空圧サーボ弁と、これを制御し得る精密制御装置とを用いることにより、簡素な機構で位置決め制御精度・荷重制御精度の向上を実現している。

【0022】

【発明の実施の形態】

図1、図2を参照して、本発明による精密位置決め装置の実施の形態について説明する。図1において、本精密位置決め装置は、図15で説明した流体圧アクチュエータを応用し、鉛直方向、つまりZ軸方向に延びるように固定配置される空圧シリンダ10と、空圧シリンダ10内に複数の静圧軸受21を介して非接触状態にてスライド可能に収容され、下方に延びるロッド22を持つピストン体20と、空圧回路40（図2参照）とを備える。空圧回路40は、空圧シリンダ10内でピストン体20のピストンヘッド23を間にした一方の圧力室、ここでは下側の圧力室10Aに定圧の圧縮空気を供給すると共に、他方の圧力室、ここでは上側の圧力室10Bにはサーボ弁30を介して流体の流量を制御して供給／排出することで圧力制御を行う。勿論、上側を定圧とし、下側にサーボ弁が接続されても良い。

【0023】

図2において、空圧回路40は、コンプレッサに接続した圧縮空気タンク41からの圧縮空気をレギュレータ42を通すことで定圧の圧縮空気を得るようにしている。また、サーボ弁30にはスプール位置を検出するためのスプール位置センサ31（図2では図示省略、図3参照）が設けられている。

【0024】

精密位置決め装置はまた、ピストン体20の位置制御、荷重制御のために必要な要素として、ピストン体20の位置を検出するための位置センサ50（図1）、圧力室10A、10Bの圧力を検出するための第1、第2の圧力センサ60A、60Bを備える。

【0025】

精密位置決め装置は更に、位置センサ50からの位置検出信号と、位置指令値

と、速度指令値と、加速度指令値とに基づいてサーボ弁 30 を制御することでピストン体 20 の位置制御を行うと共に、第 1、第 2 の圧力センサ 60 A、60 B からの圧力検出信号と荷重指令値を用いてサーボ弁 30 を制御することでピストン体 20 の荷重制御を行う制御系とを備える。荷重制御は力制御と呼ばれても良い。本制御系については後に詳しく説明する。

【0026】

本形態では、空圧シリンダ 10 の上部側面にサーボ弁 30 が設置され、空圧シリンダ 10 のヘッド部に設けられた通路 10-1 を経由して制御された圧力の圧縮空気が圧力室 10 B 内に導入される。空圧シリンダ 10 は円筒形状であり、この場合、静圧軸受 21 は断面円形のピストンヘッド 23 の周方向に間隔をおいた複数箇所に設けられる。空圧シリンダ 10 が例えば断面四角形状である場合、静圧軸受 21 は、断面四角形のピストンヘッド 23 の 4 つの周面、つまり 4 箇所に設けられる。静圧軸受の空気圧源としては圧力室 10 B の圧縮空気を利用するようにしている。このために、ピストンヘッド 23 には空気導入用の通路 23-1 と、圧縮空気を空圧シリンダ 10 内面に吹き出すための通路 23-2（いずれも 1 本のみ図示）とが設けられている。

【0027】

本形態ではまた、ロッド 22 は 2 重円筒状であり、これも空圧シリンダ 10 の下部において複数の静圧軸受 24 を介して非接触状態にてスライド可能に支持されている。つまり、空圧シリンダ 10 の下部には図 2 で説明した空圧回路 40 の定圧側に接続されるポート 10-2 が設けられ、このポート 10-2 には圧力室 10 A に圧縮空気を導入するための通路 10-3 が連通し、圧力室 10 A にはまた圧縮空気をロッド 22 の外周面に吹き出すための通路 10-4 が連通するようにされている。静圧軸受 21 と同様、ロッド 22 が 2 重四角筒状であれば、静圧軸受 24 は 4 箇所に設けられる。

【0028】

ロッド 22 を 2 重筒状にしているのは、次の理由による。静圧軸受 21 には圧力室 10 B 内の圧力とは異なる圧力室 10 A 内の圧縮空気を用いているので、この圧縮空気の一部が圧力室 10 B 内に漏れると位置及び荷重制御が不安定になる

。このため、ピストンヘッド 23 の静圧軸受 21 に隣接した位置には静圧軸受 21 からの漏れ圧縮空気を 2 重筒内に導入するための通路 10-5 を複数本設けている。2 重筒内に導入された漏れ圧縮空気はロッド 22 の下部に設けられた排気ポート 22-1 を通して排気される。

【0029】

本形態では更に、ピストン体 20 はその中心軸部にピストンヘッド 23 からロッド 22 の下部に至る孔 20A を有する。そして、空圧シリンダ 10 の上部から孔 20A に挿通された固定軸 51 を利用してピストン体 20 内に位置センサ 50 のセンサヘッド 52 が設置されている。ここでは、位置センサ 50 として磁気センサを用いている。簡単に説明すると、ロッド 22 の下部に上方に延びる被検出軸 53 が設けられてセンサヘッド 52 に挿通されている。被検出軸 53 には微小な定ピッチで溝が切られている。固定状態にあるセンサヘッド 52 に対し、被検出軸 53 はピストン体 20 と共に移動する。センサヘッド 52 は被検出軸 53 の移動に伴う溝数をカウントすることで移動量、つまり基準位置からの位置を検出する。

【0030】

次に、図 3 を参照して、本精密位置決め装置の制御系について説明する。本制御系は、パーソナルコンピュータ等で実現される制御演算装置 60 を有する。制御演算装置 60 と各センサは ISA バス 71、ISA 拡張ユニット 72 を介して接続されている。詳しく説明すると、位置センサ 31 はセンサアンプ 73、ISA バスボード 74 を介して ISA 拡張ユニット 72 に接続され、位置センサ 50 はセンサアンプ 75、ISA バスボード 76 を介して ISA 拡張ユニット 72 に接続されている。第 1、第 2 の圧力センサ 60A、60B は、それぞれ A/D ボード 77、78 を介して ISA 拡張ユニット 72 に接続されている。また、サーボ弁 30 に対しては D/A（デジタル／アナログ変換）ボード 79、電流アンプ 80 を介して制御演算装置 60 からの制御信号が出力される。後述するように、制御演算装置 60 はスプール位置センサ 31 で検出されるサーボ弁 30 のスプール位置と位置センサ 50 で検出されるピストン体 20 の位置とを取り込んでピストン体 20 の位置制御を行うと共に、第 1、第 2 の圧力センサ 60A、60B

で検出される圧力を取り込んで荷重制御時の推力制御を行う。

【0031】

図4に制御演算装置60で行われる制御演算のブロック線図を示す。図4のプラント（ピストン系）Pのノミナルモデル P_n を次のように表わす。

【0032】

$$P_n(s) = K_n \cdot \omega_n^2 / s(s^2 + \omega_n^2) \quad (1)$$

K_n 、 ω_n はプラントの特性から決まる定数、 s は微分器でありその乗数は微分の階数を表わす。図4の K_s はサーボ弁30の特性から決まる定数である。

【0033】

以下に、図1、図2をも参照して制御演算装置60の動作を説明する。以下で、添え字 $k=0, 1, \dots$ は、位置センサ50の検出信号に対して行われるサンプリングの各サンプリング周期のその変数のサンプル値を表わす。

【0034】

(1) 圧縮空気タンク41からの空気をレギュレータ42で適当な圧力に調節し静圧軸受21に供給する。この静圧軸受21の圧縮空気によりピストン体20が空圧シリンダ10と非接触で移動可能な状態にする。

【0035】

(2) 位置センサ50によりピストン体20の位置を検出しその位置情報を電気信号により出力する。位置センサ50により出力された信号は制御演算装置60に入力される。

【0036】

(3) 制御演算装置60は位置センサ50からの検出信号に対してサンプリングを行い、以下で述べるような演算を行う。指令値 $u(k-1)$ と(2)で検出したピストン体20の位置 $x(k-1)$ からカルマンフィルタ61による演算を行い、次式からピストン体20の推定位置 $x_{ep}(k)$ 、推定速度 $x_{ev}(k)$ 、推定加速度 $x_{ea}(k)$ を得る。なお、 k は現在のサンプル値、 $(k-1)$ は1サンプリング周期前のサンプル値を表わす。また、添え字に e を付す場合には、推定値を表すものとする。

【0037】

$$x_{ep}(k) = \Delta S [x_{ev}(k-1) + l_1 \{x(k-1) - x_{ep}(k-1)\}] + x_{ep}(k-1)$$

$$x_{ev}(k) = \Delta S [x_{ea}(k-1) + l_2 \{x(k-1) - x_{ep}(k-1)\}] + x_{ev}(k-1)$$

$$x_{ea}(k) = \Delta S [a x_{ev}(k-1) + b u(k-1) + l_3 \{x(k-1) - x_{ep}(k-1)\}] + x_{ea}(k-1)$$

但し、 $a = -\omega_n^2$ 、 $b = K_s K_n \omega_n^2$ 、 ΔS はサンプリング周期である。

【0038】

(4) ピストン体20の目標位置 $x_{ref}(k)$ と算出されたピストン体20の位置推定値 $x_{ep}(k)$ 、算出された速度推定値 $x_{ev}(k)$ 、算出された加速度推定値 $x_{ea}(k)$ の各フィードバック値より指令値 $u(k)$ を計算する。

【0039】

$$u(k) = K_p \{x_{ref}(k) - x_{ep}(k)\} - K_v x_{ev}(k) - K_a x_{ea}(k)$$

但し、 K_p は比例ゲイン、 K_v は速度ゲイン、 K_a は加速度ゲインである。

【0040】

(5) 1サンプリング周期前の指令値 $u(k-1)$ 、スライダ推定速度 $x_{ev}(k-1)$ 、推定加速度 $x_{ea}(k-1)$ と算出された現在の推定加速度 $x_{ea}(k)$ から次式のようにサーボ弁30の中立点の機差の補正值 $d_e(k)$ を計算する。

【0041】

$$d_e(k) = u_{e'}(k) - u'(k)$$

但し、 $u_{e'}(k)$ 、 $u'(k)$ はそれぞれ、以下の数1、数2で与えられる。

【0042】

【数 1】

$$u_e^*(k) = \frac{1}{T_f} \{ x_{ea}(k) - x_{ea}(k-1) - a \Delta T x_{ev}(k-1) \} - \frac{(\Delta T - T_f)}{T_f} u_e^*(k-1)$$

【数 2】

$$u^*(k) = \frac{1}{T_f} [\Delta T \{ u(k-1) - d_e(k-1) \} - (\Delta T - T_f) u^*(k-1)]$$

T_f は図 4 中の外乱オブザーバ 62 において次式で表わされるフィルタの時定数である。

【0043】

$$F(s) = 1 / (T_f s + 1)$$

【0044】

(6) (4) で計算した指令値 $u(k)$ と (5) で計算した $d_e(k)$ により電流アンプ 80 (図 3) への指令値 $u(k) - d_e(k)$ を計算し、これを電流アンプ 80 に電気信号として出力する。

【0045】

(7) 電流アンプ 80 は、指令値 $u(k) - d_e(k)$ に従い、サーボ弁 30 のスプール位置を制御する。サーボ弁 30 はレギュレータ 42 により適当な圧力に調節された圧縮空気が供給されており、サーボ弁 30 内のスプール位置により通過する流量が変動する。

【0046】

(8) サーボ弁 30 を通過した圧縮空気は圧力室 10B に供給される。圧力室 10A、圧力室 10B の差圧がピストンヘッド 23 に作用しピストン体 20 を移動させる。

【0047】

(9) 上記の (2) から (8) を繰り返し、ピストン体 20 を目標位置 X_{ref}

に制御する。

【0048】

なお、 $u(0)$ 、 $x_{ep}(0)$ 、 $x_{ev}(0)$ 、 $x_{ea}(0)$ 、 $d_e(0)$ の初期値はすべて零とする。

【0049】

上記のように、ピストン体20の位置、速度、加速度を推定するために、本形態ではカルマンフィルタ61を適用している。また、サーボ弁30を使用した空気圧位置制御系では、サーボ弁30の中立点誤差が外乱となり定常位置偏差が生じる。この外乱を外乱オブザーバ62で推定し、打ち消すことで、定常位置偏差を補償している。そして、外乱オブザーバ62を適用することにより、フィルタ $F(s)$ の帯域での外乱やプラントのパラメータ変動に対するロバスト性を補償できる。

【0050】

いずれにしても、カルマンフィルタ61、外乱オブザーバ62を用いることにより、対象とする空気圧サーボ系の特性を(1)式のノミナルモデルに近付けることができる。

【0051】

上記のような制御によれば、カルマンフィルタ61、外乱オブザーバ62によりピストン体20の停止位置精度が改善される。このような制御は、ピストン体20をステップ状に動かし、停止位置精度だけを問題にする場合には十分である。しかし、ピストン体20の等速移動時のように目標値が連続的に変化する場合には定常速度偏差が生じるため、ピストン体20の駆動中の精度を問題にする場合には、上記の制御では不十分である。

【0052】

そこで、定常速度偏差を改善するための手法を以下に説明する。

【0053】

外乱オブザーバ62によって外乱(サーボ弁中立点誤差)が補正され、カルマンフィルタ61によって位置、速度、加速度が正確に推定されると、図4のブロック線図は図5のように書き替えられる。図5では、実際のサーボ弁30の特性

から決まる定数 K_s (サーボ弁ゲイン) は、制御演算装置 60 内で想定しているサーボ弁ゲイン K_{sn} と等しいものとし、プラント (ピストン系) の特性 $P(s)$ もノミナルモデル $P_n(s)$ と等しいものとしている。

【0054】

この場合、目標値 x_{ref} から制御量 x までの閉ループ伝達関数は、

$$G_c(s) = x / x_{ref} \\ = A_3 / (s^3 + A_1 s^2 + A_2 s + A_3)$$

となる。但し、

$$A_1 = K_{sn} K_n \omega_n^2 K_a \\ A_2 = (1 + K_{sn} K_n K_v) \omega_n^2 \\ A_3 = K_{sn} K_n \omega_n^2 K_p$$

である。

【0055】

定常速度偏差を低減するためには、図 6 に示すように、図 4 のブロック線図における目標値 x_{ref} の入力部に上記の閉ループ伝達関数の逆モデル $G_c(s)^{-1}$ を挿入すれば良い。このような逆モデルを挿入することによって、全体の伝達関数は理想的な 1 となり、定常速度偏差が改善される。

【0056】

なお、目標値 x_{ref} に逆モデル $G_c(s)^{-1}$ を乗算したものは次式で計算できる。

【0057】

$$x_{ref} G_c(s)^{-1} = x_{ref} (s^3 + A_1 s^2 + A_2 s + A_3) / A_3 \\ = (j_{ref} + A_1 a_{ref} + A_2 v_{ref} + A_3 x_{ref}) / A_3$$

但し、 v_{ref} は目標値 x_{ref} を 1 階微分した目標速度であり、 a_{ref} は目標値 x_{ref} を 2 階微分した目標加速度であり、 j_{ref} は目標値 x_{ref} を 3 階微分した目標ジャークである。

【0058】

したがって、離散化した指令値 $u(k)$ は、以下の数 3 で計算される。

【0059】

【数 3】

$$u(k) =$$

$$K_p \left\{ \frac{j_{ref}(k) + A_1 a_{ref}(k) + A_2 v_{ref}(k) + A_3 x_{ref}(k)}{A_3} - x_{ep}(k) \right\} \\ - K_v x_{ev}(k) - K_a x_{ea}(k)$$

図 7 は、上述した制御演算装置 60 における位置制御系の機能ブロック図を示す。ここでは、停止位置制度を改善するために、上述した位置制御系の構成要素に更に線形化補償部 90 を備えている。これは以下の理由による。つまり、ピストン体 20 は上下方向に動作するので、圧力室 10A、10B のピストンヘッド 23 の位置変化に起因する圧力変化分を補償する必要がある。この圧力変化は非線形性の強いモデルとなる。しかし、この非線形性モデルは微小範囲において線形化することが可能である。このことから、線形化補償部 90 は、この微小範囲での線形化モデルを使用することにより圧力変化分の補償を行うようにしている。

【0060】

実際の位置制御は、S 字波形を入力波形の標準として用い、設定項目を開始位置 x_1 (m)、終了位置 x_2 (m)、停止時間 t_s (sec)、動作速度 v (m/sec) とし、下記の位置算出式を用いて行われる。

【0061】

つまり、 $v \geq 0$ の時、

$$x = x_1 + (v/2) \{ t - (T_t / 2\pi) \sin(2\pi t / T_t) \}$$

$v < 0$ の時、

$$x = x_2 - (v/2) \{ t - (T_t / 2\pi) \sin(2\pi t / T_t) \}$$

但し、 $T_t = (2/v) (x_2 - x_1)$

【0062】

この時の位置、速度プロファイルは図 8 に示すようになる。

【0063】

本発明による制御演算装置 60 では、上述の位置制御系による位置制御に加え

て荷重制御系により荷重制御を行うようにしている。つまり、制御演算装置 60 は、ピストン体 20 が目標位置に達するまで位置制御系による位置制御を行い、前記目標位置に達すると荷重制御系による荷重制御に切換えてピストン体 20 を荷重指令値に基づいて制御する。これは V P 切換えと呼ばれ、以下に、これを説明する。

【0064】

図 9 は、制御演算装置 60 における荷重制御系の機能ブロック図を示す。図 9 に示された位置制御ブロックは図 7 で説明した位置制御系と考えて良く、この位置制御系と荷重制御系とを切換えるための V P 切換部 95 を備えている。

【0065】

図 9 において、荷重制御系においては、アクチュエータにおける圧力室 10 A 側で検出される圧力に受圧面積を乗算して荷重（力）に変換する変換部 A1 と、圧力室 10 B 側で検出される圧力に受圧面積を乗算して荷重（力）に変換する変換部 A2 との出力差を演算部 C1 でピストン荷重として算出する。演算部 C2 は、算出されたピストン荷重と荷重指令値との差分を推力指令値として算出する。

【0066】

K_f は荷重ループゲインであり、流量補償係数によりサーボ弁 30 の給気流量から排気流量を算出する。必要な排気流量を確保するために、サーボ弁 30 のスプールの移動距離をスプール位置指令変換係数 K より算出し、サーボ弁 30 のスプール位置指令値とする。

【0067】

V P 切換部 95 は、目標位置への接地時に、位置制御ブロック、つまり位置制御系からのサーボ弁指令値と、上記荷重制御系により算出されたサーボ弁 30 のスプール位置指令値とを比較し、その大小により適切に位置制御系と荷重制御系との切換えを行う。

【0068】

位置制御と荷重制御（力制御）を連続して行うことのできる代表的な方法として以下の 2 種類の動作方法を示す。

【0069】

①S字+ランプ2段階切換え

これは、S字波形で目標位置の直前まで移動して停止、その後ランプ波形に切換えてゆっくり対象物へ接近する。この場合、あらかじめ指定の動作を行わせるため設定項目として、目標推力（N）、加圧時間（sec）、待機時間（sec）、切換位置（mm）を設定する。

【0070】

②S字+ランプ速度連続切換え

S字波形で目標位置付近まで移動するが、指定した速度になった時点でS字波形からランプ波形に切換えてゆっくり対象物へ接近する。この場合も上記①と同様に、設定項目として、目標推力（N）、加圧時間（sec）、待機時間（sec）、切換位置（mm）、切換速度（mm/sec）を設定する。

【0071】

上記のような位置制御、荷重制御（力制御）による位置、速度プロファイルを図10（a）、（b）に示す。

【0072】

以上説明した精密位置決め装置によれば、非接触な静圧軸受式のピストン体を備えた空圧シリンダとサーボ弁とそれを制御する制御演算装置とを用いて位置決め制御機能と荷重（力）制御機能とを同一装置で制御することを実現できるようにしたことにより、簡素な機構で位置決め制御精度・荷重制御精度の向上を図ることができる。

【0073】

具体的には、Z軸方向の駆動源としての性能が下記項目に関して改善される。

【0074】

同一装置で移動対象物（IC部品等のワーク）を高速移動させることができる。

【0075】

移動対象物を高精度に特定の位置に停止させることができる。

【0076】

移動対象物を決められた荷重で高精度に接地させることができる。

【0077】

移動対象物を決められた荷重で高精度に加圧することができる。

【0078】

図11に、力制御時のカステップ応答計測結果と推力平均値及び誤差幅の計測例を示す。カステップ応答の計測は条件①と条件②とで行われ、それぞれの条件において推力指令値と誤差幅が求められている。この計測結果によれば、荷重のばらつきが±数%～±2%になっていることがわかる。

【0079】

一方、図12は、繰り返し位置決め精度の計測結果を示す。この計測結果によれば、繰り返し位置決め精度が±十数(μm)～±5(μm)で、繰り返し位置決め精度は3 σ 値で0.34～0.36(μm)となっていることがわかる。

【0080】

なお、上記の形態では、軸受として静圧軸受を用いているが、他の軸受でもよく、例えば低摩擦のメタルシール軸受等が適している。

【0081】

次に、本発明による精密位置決め装置を加工機に適用した場合の実施の形態について説明する。本発明による精密位置決め装置が適用される加工機は、Z軸駆動機構（上下駆動軸）を備える加工機全般、例えば半導体後工程における製造装置（ボンディング装置・ダイサ・ハンドラ）及び部品実装装置（チップマウンタ）、工作機械（マシニングセンタ・放電加工機・研削盤）、印刷機等の多岐にわたる。そして、上記各加工機におけるZ軸駆動機構として使用することにより、加工機の簡素化、制御性能の向上を図ることができる。

【0082】

具体的には、加工機としての性能が下記項目に関して改善される。

【0083】

Z軸駆動機構が簡素になり、小型化できる。その結果、Z軸駆動機構の振動、イナーシャが小さくなり、これに組み合わされるX-Y駆動機構を制御し易くなる。

【0084】

構成部品を減らすことができる。

【0085】

高速高精度な位置決めができる。

【0086】

高精度な加圧ができ、目標推力を出し易くなる。

【0087】

摺動部における摺動による劣化・発熱を回避できる。

【0088】

潤滑剤等の飛散を回避できる。

【0089】

メンテナンスが容易で、例えばZ軸駆動機構全体をそっくり交換できる。

【0090】

図13は、本発明による精密位置決め装置を図14で説明したようなチップマウントに適用した場合の実施の形態を示す。図13において、固定のベースフレーム1に本精密位置決め装置がZ軸駆動機構として作用するように縦にして組み付けられる。ロッド22の下端にはワークとしてのチップ3を把持するための把持機構が備えられている。チップ3が実装されるべき基板4は、X軸駆動機構及びY軸駆動機構を持つ基板保持ステージ5に搭載されている。

【0091】

【発明の効果】

本発明によれば、非接触な静圧軸受式のピストン体を備えた空圧シリンダとサーボ弁とそれを制御する制御演算装置とを用いて位置決め制御機能と力（荷重）制御機能とを実現できるようにしたことにより、簡素な機構で位置決め制御精度・荷重制御精度の向上を図ることのできる精密位置決め装置及びこれを用いた加工機を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による精密位置決め装置の実施の形態の構造を示す縦断面図である。

【図2】

本発明による精密位置決め装置における空圧回路を説明するための概略構成図である。

【図 3】

本発明による精密位置決め装置における制御演算装置と各種センサとの電氣的接続関係を示した図である。

【図 4】

本発明による精密位置決め装置における制御演算装置で行われる定常位置偏差低減のための制御演算を説明するためのブロック線図である。

【図 5】

図 4 のブロック線図を簡略化した図である。

【図 6】

本発明による精密位置決め装置における制御演算装置で行われる定常位置偏差低減のための制御演算を説明するためのブロック線図である。

【図 7】

本発明による精密位置決め装置における制御演算装置の位置制御のための機能ブロック図である。

【図 8】

本発明による精密位置決め装置による位置制御時の位置及び速度プロファイルの一例を示した図である。

【図 9】

本発明による精密位置決め装置における制御演算装置の力制御のための機能ブロック図である。

【図 10】

本発明の精密位置決め装置による位置制御及び力制御時の位置及び速度プロファイルの一例を示した図である。

【図 11】

本発明の精密位置決め装置において力制御時の力ステップ応答計測結果と推力平均値及び誤差幅の計測例を示す。

【図 12】

本発明の精密位置決め装置における繰り返し位置決め精度の計測例を示す。

【図 1 3】

本発明による精密位置決め装置をチップマウントに適用した場合の側面図である。

【図 1 4】

従来のチップマウントの一例を示した側面図である。

【図 1 5】

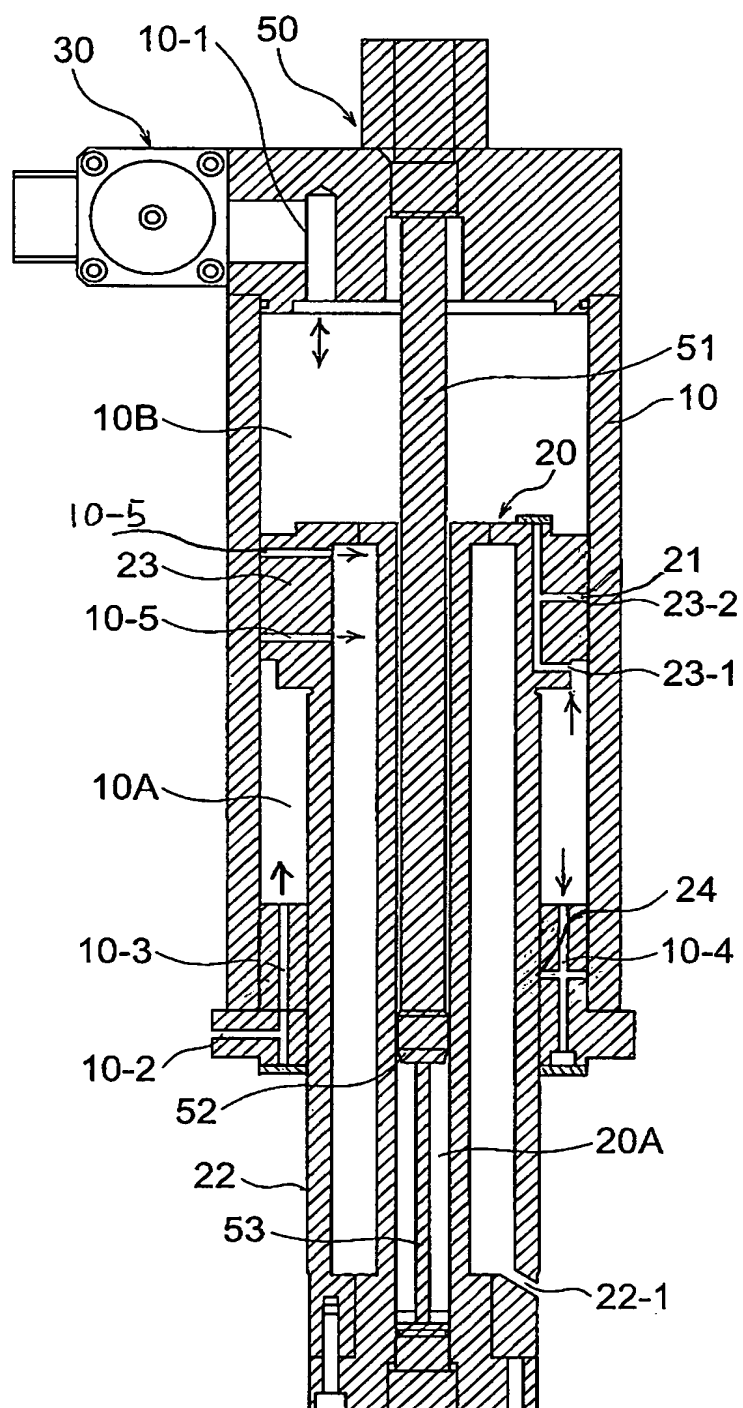
本出願人により提案されている空気圧アクチュエータの構成を示した図である。

【符号の説明】

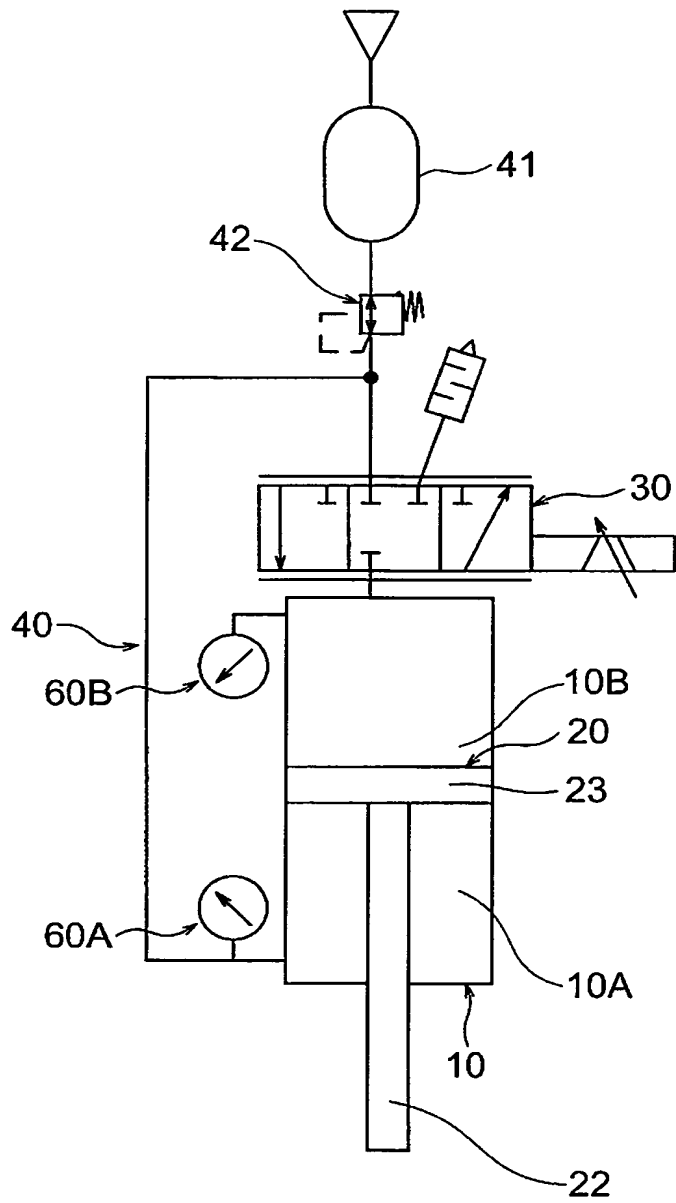
- 10 空圧シリンダ
- 10A、10B 圧力室
- 20 ピストン体
- 21、24 静圧軸受
- 22 ロッド
- 23 ピストンヘッド
- 30 サーボ弁
- 40 空圧回路
- 50 位置センサ
- 60A、60B 第1、第2の圧力センサ

【書類名】 図面

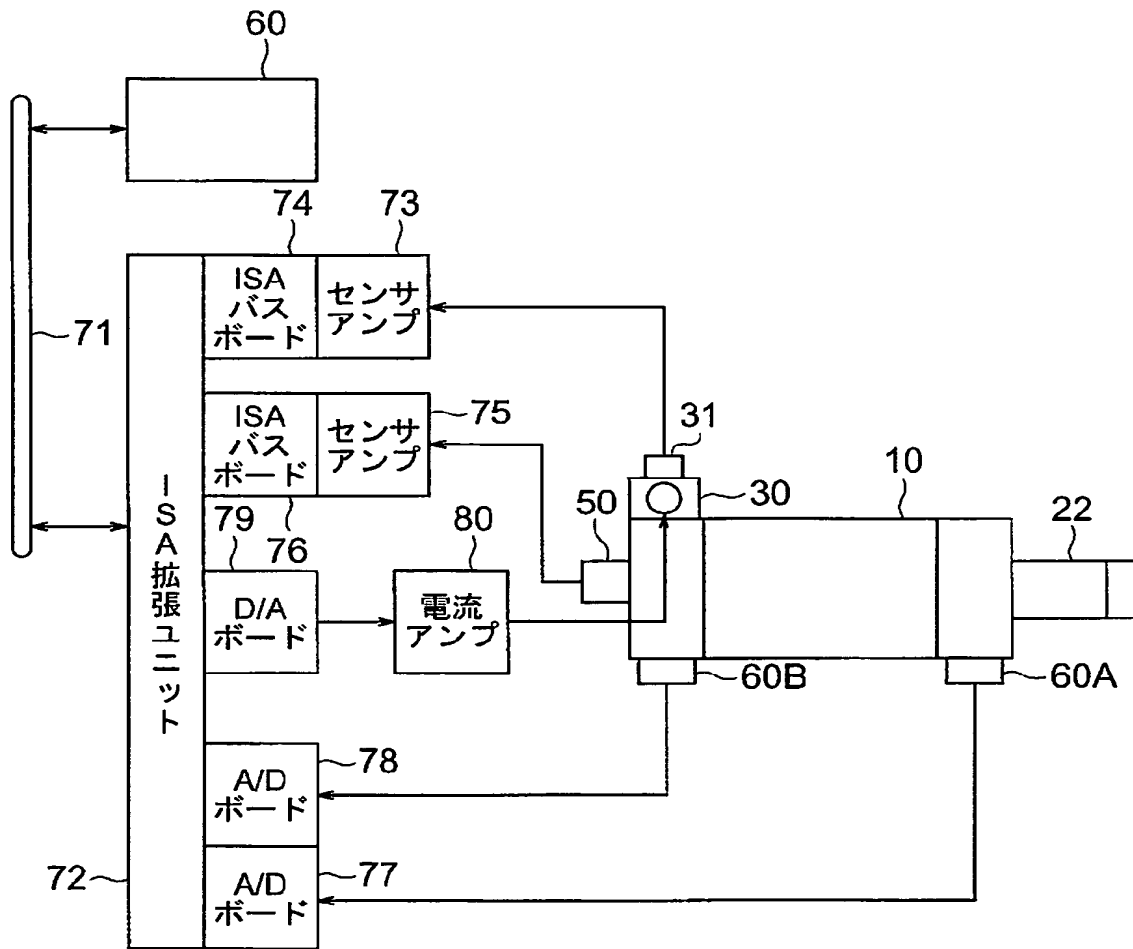
【図 1】



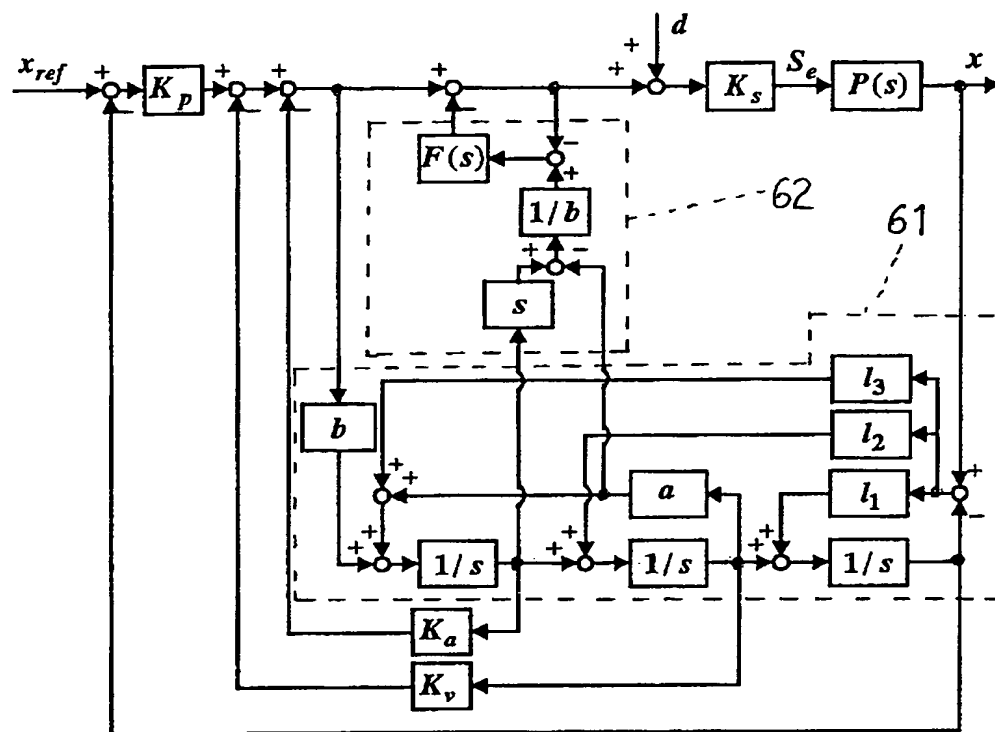
【図 2】



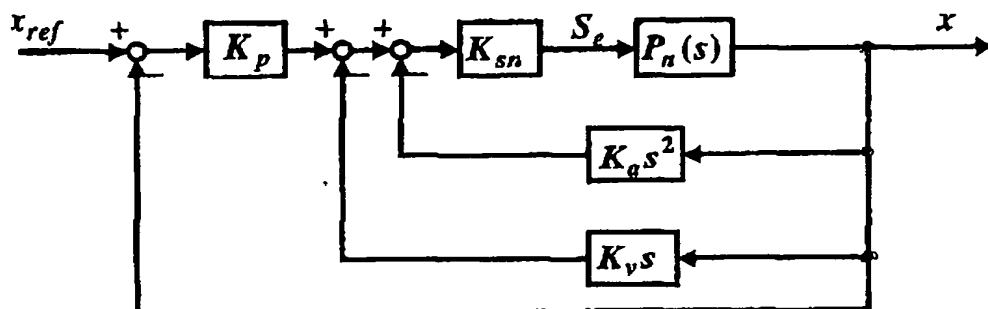
【図 3】



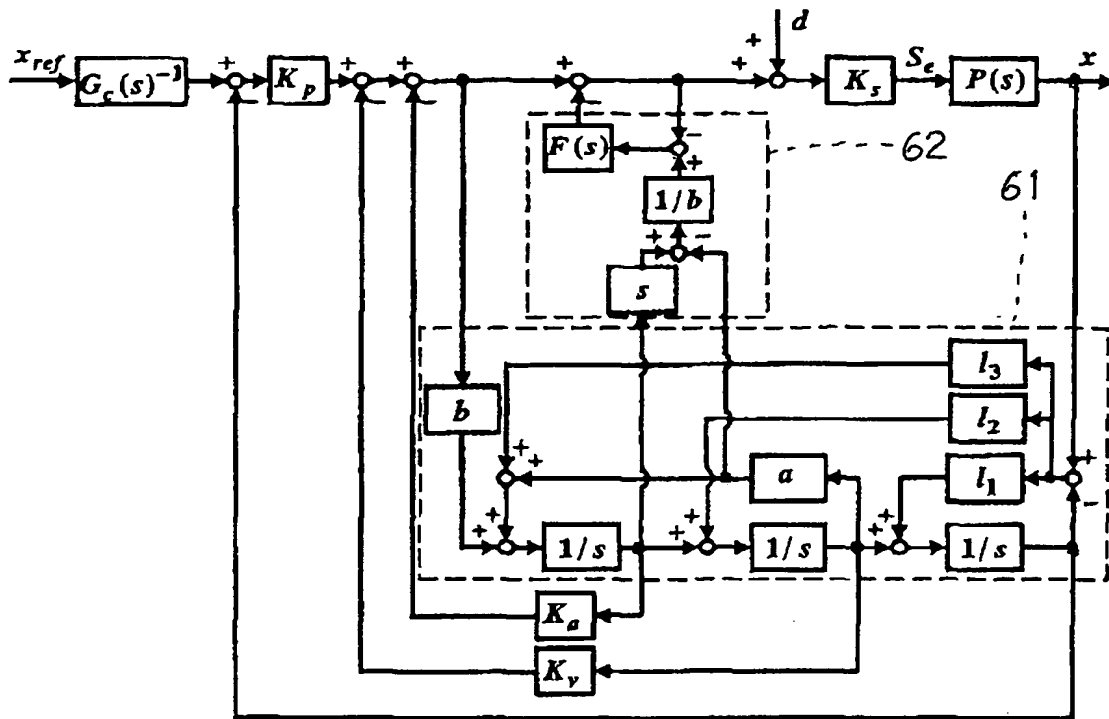
【図 4】



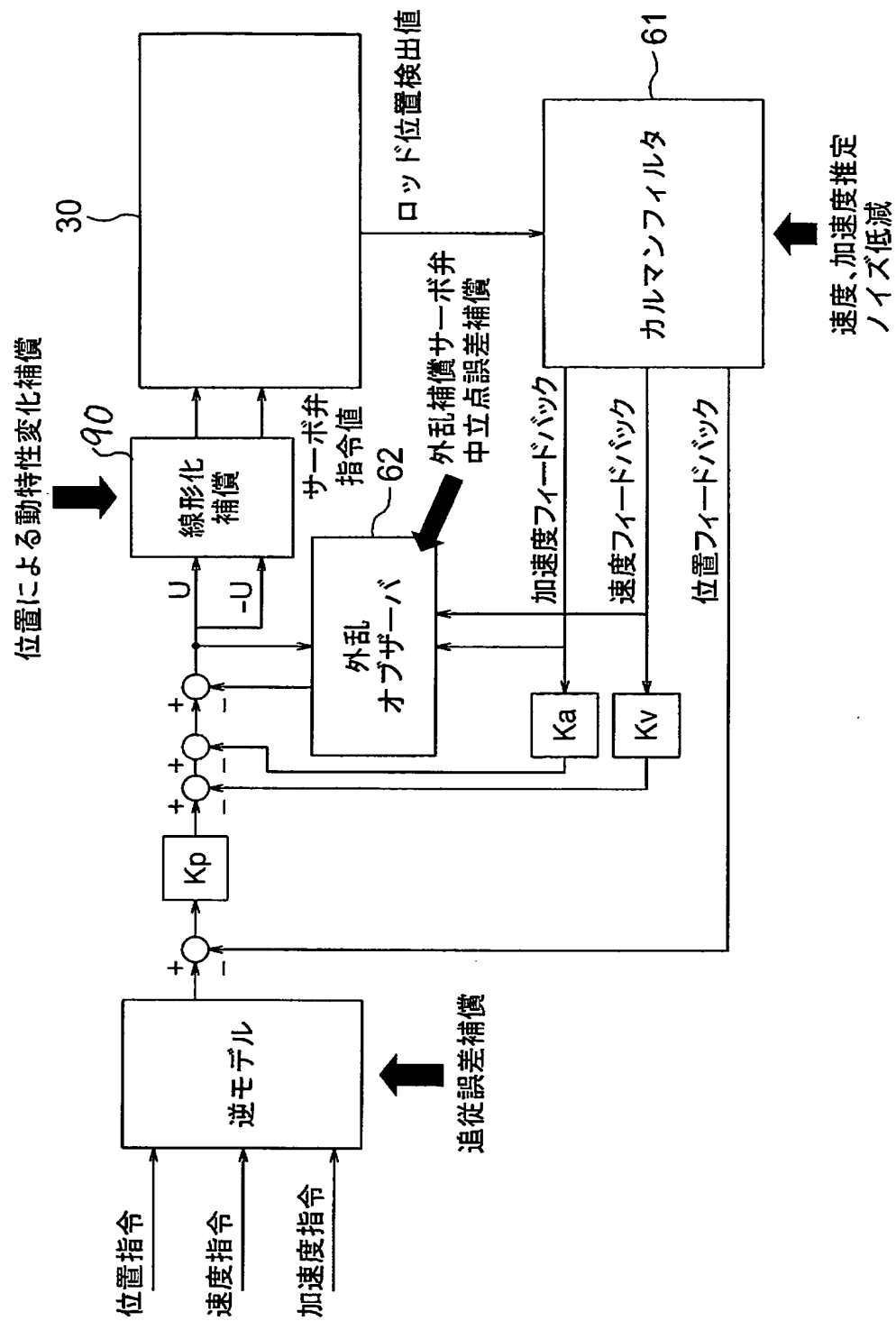
【図 5】



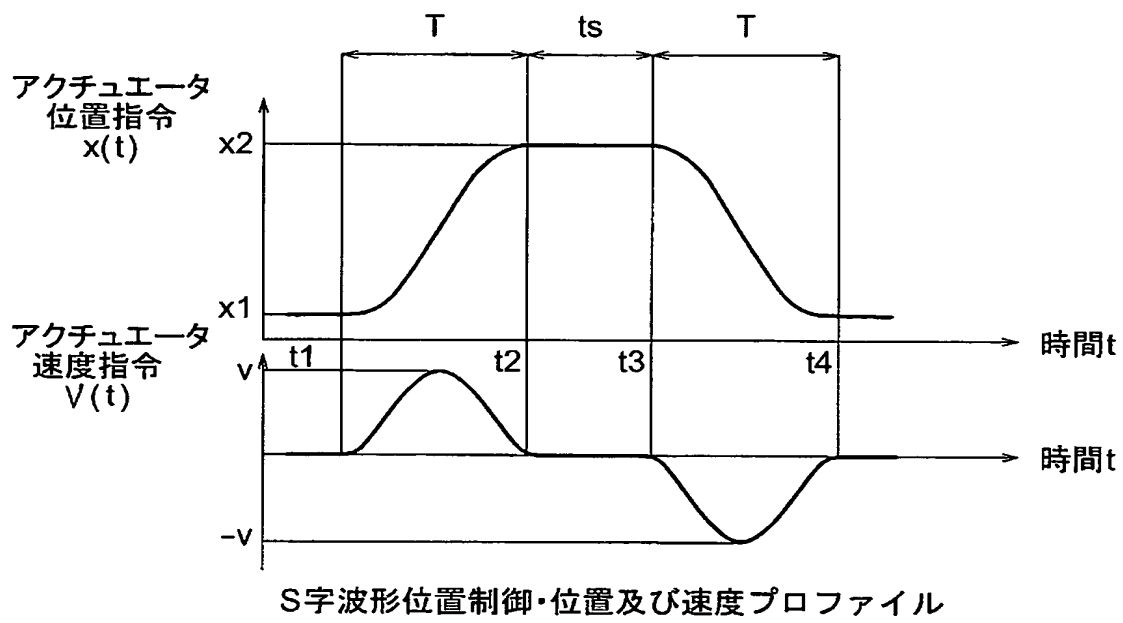
【図 6】



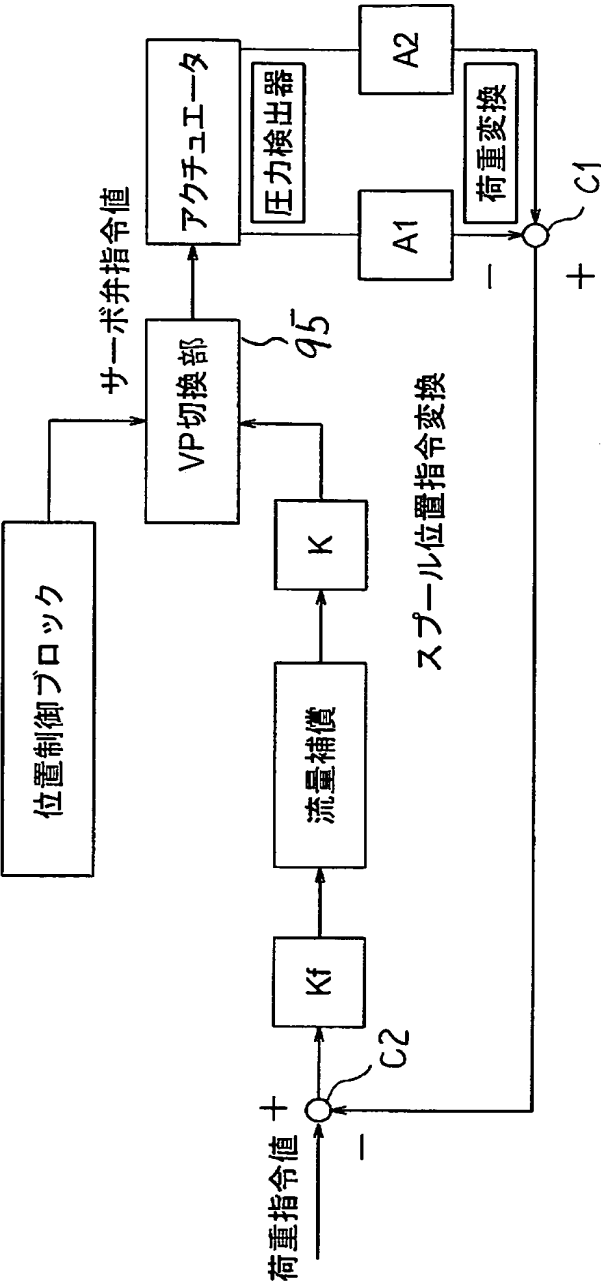
【圖 7】



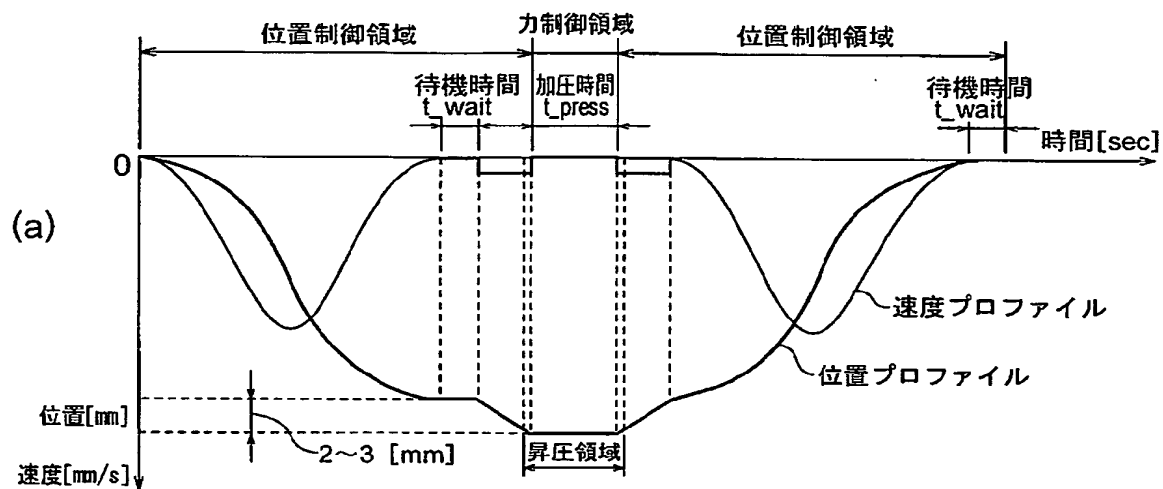
【図 8】



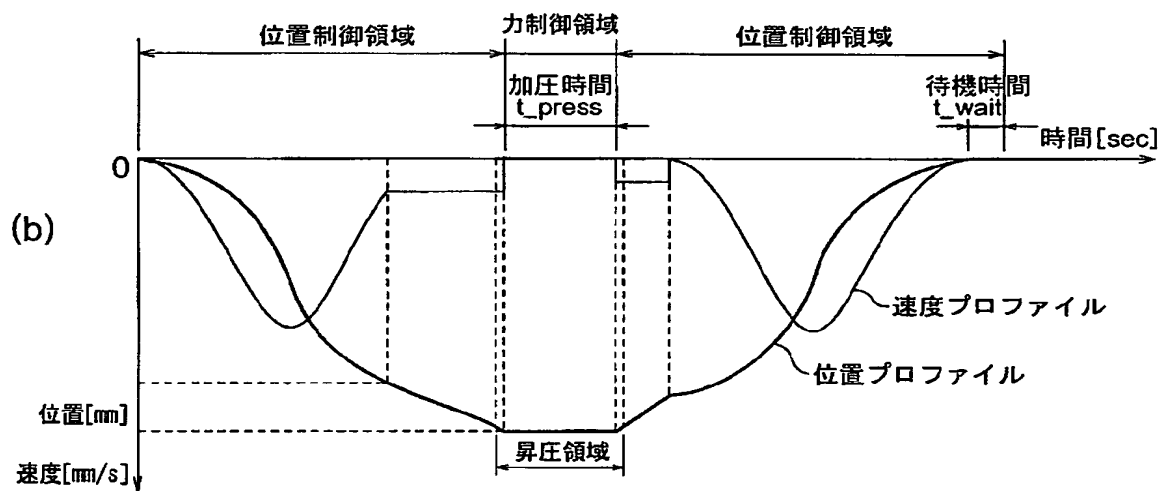
【図 9】



【図 10】

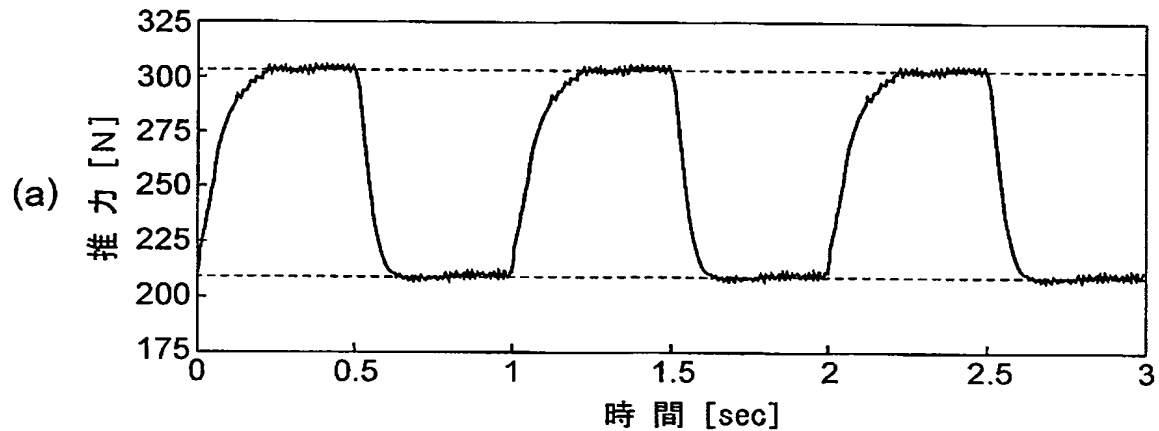


S字+ランプ2段階切換力制御・位置及び速度プロファイル

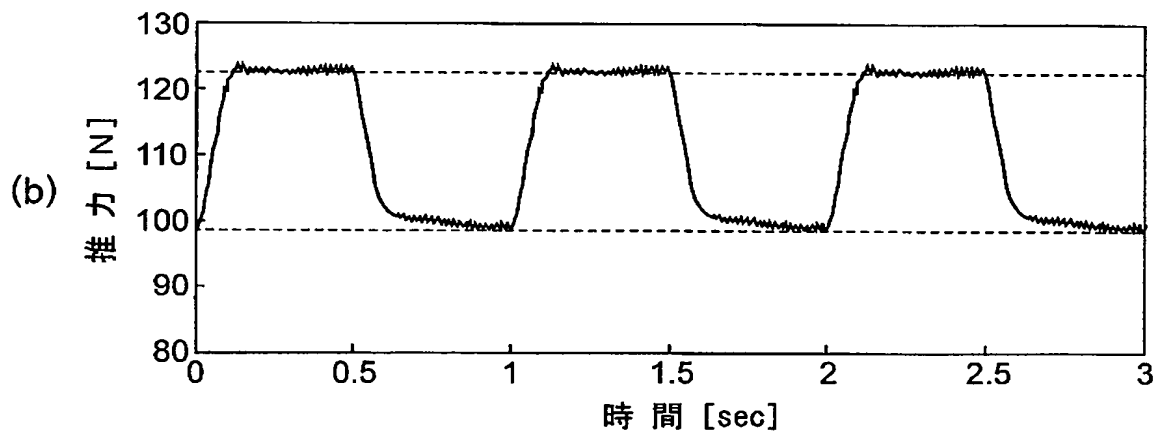


S字+ランプ速度連続切換力制御・位置及び速度プロファイル

【図 11】



カステップ応答計測結果 (条件①)



カステップ応答計測結果 (条件②)

カステップ応答の推力平均値及び誤差幅 (条件①)

(c)

| | | |
|-----------|--------|--------|
| 推力指令値 [N] | 300.00 | 200.00 |
| 推力平均値 [N] | 303.52 | 210.11 |
| 誤 差 幅 [N] | 0.39 | 0.64 |

(注: 誤差幅=計測値最大値-計測値最小値)

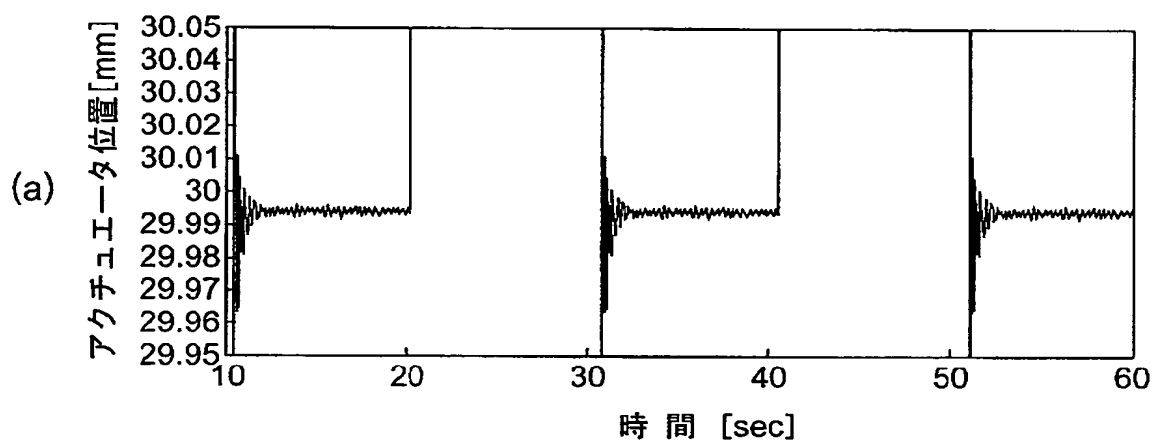
カステップ応答の推力平均値及び誤差幅 (条件②)

(d)

| | | |
|-----------|-------|--------|
| 推力指令値 [N] | 90.00 | 110.00 |
| 推力平均値 [N] | 99.42 | 122.82 |
| 誤 差 幅 [N] | 0.06 | 0.27 |

(注: 誤差幅=計測値最大値-計測値最小値)

【図 12】



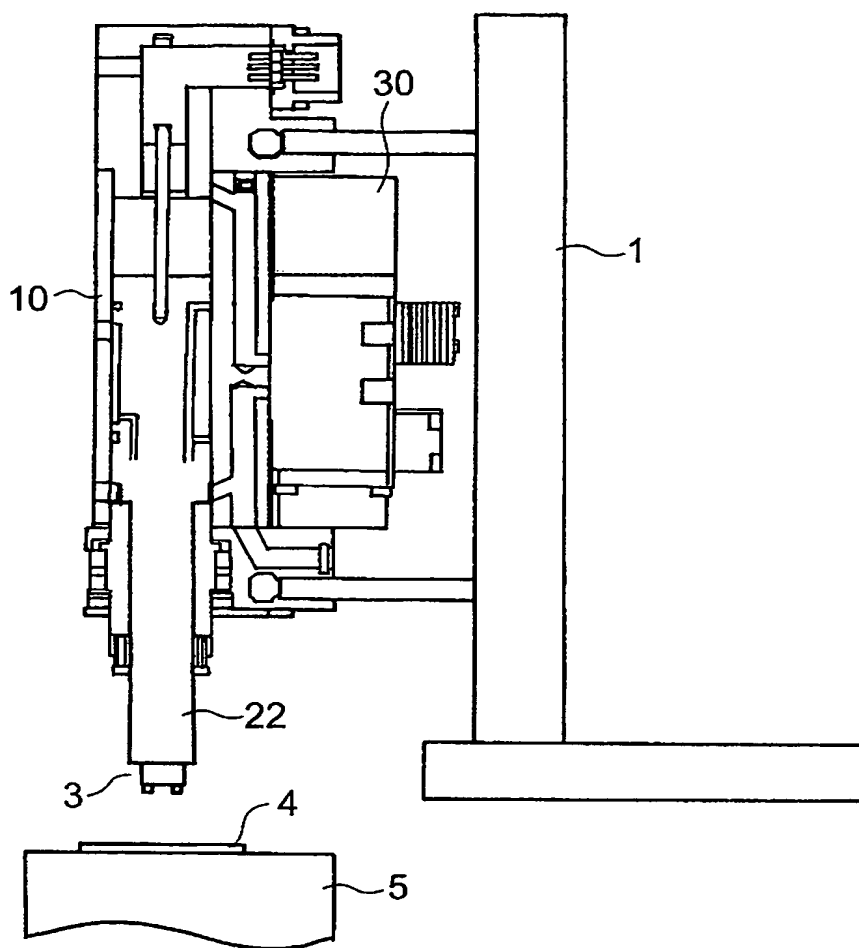
繰り返し位置決め精度計測データ (x=30 [mm])

繰り返し位置決め精度

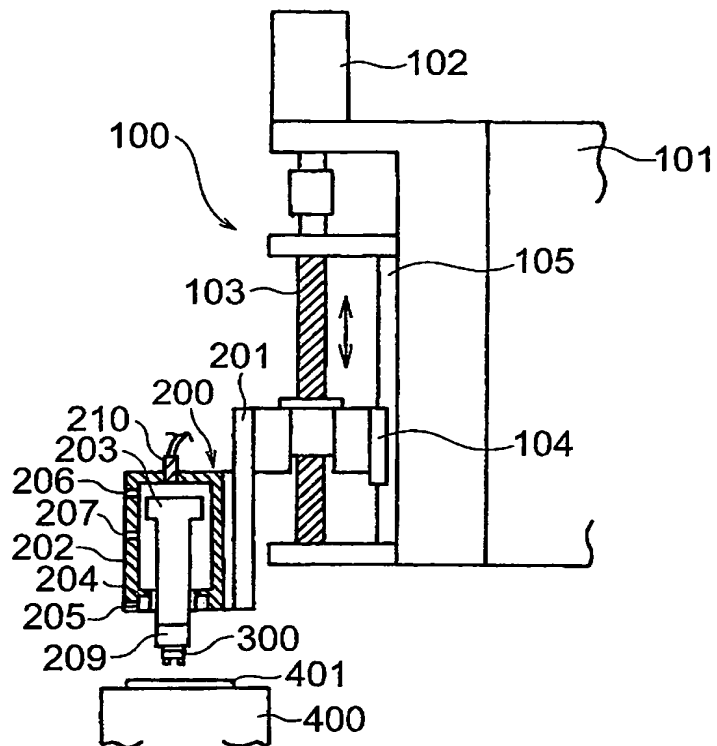
(b)

| 場所 | 位置平均値 | 3σ |
|----|--------------|------------------------|
| x1 | 29.994 [mm] | 0.36 [μm] |
| x2 | 109.975 [mm] | 0.34 [μm] |

【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 駆動源の機械的要素としてはエアシリンダ及び1つのサーボ弁のみでZ軸方向の高精度の位置決め制御と荷重制御とを実現できる精密位置決め装置を提供する。

【解決手段】 鉛直方向に延びるように固定配置される空圧シリンダ10と、該空圧シリンダ内に静圧軸受21を介して非接触状態にてスライド可能に収容され、下方に延びるロッド22を持つピストン体20と、前記空圧シリンダ内で前記ピストン体のピストンヘッドを間にした一方の圧力室10Aに定圧の圧縮空気を供給すると共に、他方の圧力室10Bにはサーボ弁30を介して流体の流量を制御して供給するための空圧回路40と、前記一方及び他方の圧力室の圧力を検出するための第1、第2の圧力センサ60A、60Bと、前記ピストン体の位置を検出するための位置センサと、前記位置センサからの位置検出信号と、位置指令値と、速度指令値と、加速度指令値に基づいて前記サーボ弁を制御することで前記ピストン体の位置制御を行うと共に、前記第1、第2の圧力センサからの圧力検出信号と荷重指令値を用いて前記サーボ弁を制御することで前記ピストン体の荷重制御を行う制御系とを備えた。

【選択図】 図1

特 願 2 0 0 2 - 3 0 9 5 8 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 0 7]

1 . 変更年月日

1 9 9 4 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都品川区北品川五丁目 9 番 1 1 号

氏 名

住友重機械工業株式会社